

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 7月12日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-204364

[ST.10/C]:

[JP 2002-204364]

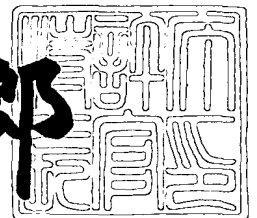
出 願 人
Applicant(s):

オリンパス光学工業株式会社

2003年 3月28日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3021401

【書類名】 特許願

【整理番号】 02P01256

【提出日】 平成14年 7月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 5/225

【発明の名称】 画像処理装置および画像処理プログラム

【請求項の数】 8

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学工業株式会社内

 【氏名】 月岡 健人

【特許出願人】

 【識別番号】 000000376

 【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号

 【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100076233

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 伊藤 進

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 013387

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9101363

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理装置および画像処理プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 単板撮像系、二板撮像系、または三板画素ずらし撮像系により得られた、各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像を入力し、各画素の欠落色成分値を推定してカラーデジタル画像を出力する画像処理装置であって、

注目画素の近傍において同一種類の色成分を有する複数の画素の中から 2 以上の画素を組み合わせ、組み合わせた 2 以上の画素の色成分値の平均値を、該近傍内の複数通りの画素の組み合わせについて計算する組み合わせ平均計算手段と、

上記注目画素の近傍における異なる種類の色成分間の相関関係である色相関関係を推定する色相関推定手段と、

この色相関推定手段により推定された色相関関係に基づいて、上記組み合わせ平均計算手段により計算された複数の組み合わせ平均値の内の何れかを上記注目画素の欠落色成分値として選択する組み合わせ選択手段と、

を具備したことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 上記組み合わせ平均計算手段は、さらに、上記 2 以上の画素の組み合わせ内における色成分値の変動量を計算するものであり、

上記色相関推定手段は、さらに、推定された色相関関係の信頼度を計算するものであって、

上記組み合わせ選択手段は、上記色相関推定手段により計算された信頼度が高い場合には、上記色相関関係の推定結果と注目画素において得られる色成分値に基づき該注目画素における欠落色成分値候補を推定して該欠落色成分値候補に最も近い組み合わせ平均値を欠落色成分値として選択し、上記信頼度が低い場合には、上記組み合わせ平均計算手段により計算された色成分値の変動量が最も少ない組の組み合わせ平均値を欠落色成分値として選択するものであること特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】 単板撮像系、二板撮像系、または三板画素ずらし撮像系により得られた、各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像を

入力し、各画素の欠落色成分値を推定してカラーデジタル画像を出力する画像処理装置であって、

注目画素の近傍において同一種類の色成分を有する複数の画素の中から 2 以上の画素を組み合わせ、組み合わせた 2 以上の画素の色成分値の平均値を、該近傍内の複数通りの画素の組み合わせについて計算して、計算した平均値の何れかを選択して欠落色成分値を復元する第 1 の欠落色推定手段と、

各画素の近傍における異なる種類の色成分間の相関関係である色相関関係を推定し、推定された色相関関係と各画素で得られている色成分値とに基づき欠落色成分値を復元する第 2 の欠落色推定手段と、

上記第 2 の欠落色推定手段により推定された色相関関係の信頼度を評価する評価手段と、

上記評価手段により評価された信頼度に基づいて上記第 2 の欠落色復元手段により復元された欠落色成分値に対する重みを設定し、設定した重みを用いて、上記第 1 の欠落色復元手段により復元された欠落色成分値と該第 2 の欠落色復元手段により復元された欠落色成分値との重み付き平均値を計算して欠落色成分の復元値とする第 3 の欠落色復元手段と、

を具備したことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】 上記評価手段は、注目画素の近傍がテクスチャ部であるか否かを判別するとともにエッジ部であるか否かを判別する領域判別手段を有してなり、この領域判別手段によりテクスチャ部であると判断された場合には信頼度の評価を高くする一方でエッジ部であると判断された場合には信頼度の評価を低くするものであることを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】 単板撮像系、二板撮像系、または三板画素ずらし撮像系により得られた、各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像を入力し、各画素の欠落色成分値を推定してカラーデジタル画像を出力するための画像処理プログラムであって、コンピュータに、

注目画素の近傍において同一種類の色成分を有する複数の画素の中から 2 以上の画素を組み合わせ、組み合わせた 2 以上の画素の色成分値の平均値を、該近傍内の複数通りの画素の組み合わせについて計算する組み合わせ平均計算手順と、

上記注目画素の近傍における異なる種類の色成分間の相関関係である色相関関係を推定する色相関推定手順と、

この色相関推定手順より推定された色相関関係に基づいて、上記組み合わせ平均計算手順により計算された複数の組み合わせ平均値の内の何れかを上記注目画素の欠落色成分値として選択する組み合わせ選択手順と、

を実行させるための画像処理プログラム。

【請求項 6】 上記組み合わせ平均計算手順は、さらに、上記 2 以上の画素の組み合わせ内における色成分値の変動量を計算する手順を含み、

上記色相関推定手順は、さらに、推定された色相関関係の信頼度を計算する手順を含むものであって、

上記組み合わせ選択手順は、上記色相関推定手順により計算された信頼度が高い場合には、上記色相関関係の推定結果と注目画素において得られる色成分値とに基づき該注目画素における欠落色成分値候補を推定して該欠落色成分値候補に最も近い組み合わせ平均値を欠落色成分値として選択し、上記信頼度が低い場合には、上記組み合わせ平均計算手順により計算された色成分値の変動量が最も少ない組の組み合わせ平均値を欠落色成分値として選択する手順を含むものであること特徴とする請求項 5 に記載の画像処理プログラム。

【請求項 7】 単板撮像系、二板撮像系、または三板画素ずらし撮像系により得られた、各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像を入力し、各画素の欠落色成分値を推定してカラーデジタル画像を出力するための画像処理プログラムであって、コンピュータに、

注目画素の近傍において同一種類の色成分を有する複数の画素の中から 2 以上の画素を組み合わせ、組み合わせた 2 以上の画素の色成分値の平均値を、該近傍内の複数通りの画素の組み合わせについて計算して、計算した平均値の何れかを選択して欠落色成分値を復元する第 1 の欠落色推定手順と、

各画素の近傍における異なる種類の色成分間の相関関係である色相関関係を推定し、推定された色相関関係と各画素で得られている色成分値とに基づき欠落色成分値を復元する第 2 の欠落色推定手順と、

上記第 2 の欠落色推定手順により推定された色相関関係の信頼度を評価する評

価手順と、

上記評価手順により評価された信頼度に基づいて上記第 2 の欠落色復元手順により復元された欠落色成分値に対する重みを設定し、設定した重みを用いて、上記第 1 の欠落色復元手順により復元された欠落色成分値と該第 2 の欠落色復元手順により復元された欠落色成分値との重み付き平均値を計算して欠落色成分の復元値とする第 3 の欠落色復元手順と、

を実行させるための画像処理プログラム。

【請求項 8】 上記評価手順は、注目画素の近傍がテクスチャ部であるか否かを判別するとともにエッジ部であるか否かを判別する領域判別手順を含み、この領域判別手順によりテクスチャ部であると判断された場合には信頼度の評価を高くする一方でエッジ部であると判断された場合には信頼度の評価を低くする手順であることを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、単板撮像素系、二板撮像素系、または三板画素ずらし撮像素系から出力された画像を処理して、画素毎に 3 色成分値をもつカラーデジタル画像を生成する画像処理装置および画像処理プログラムに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

デジタルカメラ等に使用されている単板撮像素系は、画素毎に異なる色フィルタを装着した単板撮像素子を用いるものであり、撮像素子からの出力画像は各画素について一種類の色成分値しかもっていない。従って、各画素で欠落している色成分値を補うカラー化処理を行うことにより、画素毎に 3 色成分値をもつカラーデジタル画像を生成するようにしている。このような欠落する色成分値があるためにそれを補うカラー化処理を行う必要があるのは、二板撮像素系や三板画素ずらし撮像素系の場合も同様である。

【 0 0 0 3 】

このカラー化処理は、工夫をしないと、最終的に得られるカラー画像にぼけや

偽色などの劣化が生じることがある。そのために、従来より種々の方法によるカラー化処理が提案されており、大別すると、エッジ検出の方法に基づくものと、色相関の方法に基づくものと、に分類される。

【 0 0 0 4 】

エッジ検出に基づく技術としては、例えば特開平 8 - 2 9 8 6 6 9 号公報に記載のものが挙げられる。該公報に記載の技術について、図 1 6 を参照して説明する。図 1 6 は、従来のエッジ検出に基づくカラー化処理を説明するための図である。

【 0 0 0 5 】

単板撮像素子が、例えば図 1 6 (A) に示すような 3 原色ベイヤー (Bayer) 配列の色フィルタをもつものであるとすると、図 1 6 (B) に示すように、R 成分値または B 成分値を有する注目画素 X (図示の例では R 0 であるとする。) の左右の画素の G 成分値の差分値 $dH = |G1 - G4|$ を算出するとともに、上下の画素の G 成分値の差分値 $dV = |G2 - G3|$ を算出し、差分値の小さい方向の G 画素の平均値 $aH = (G1 + G4) / 2$ または $aV = (G2 + G3) / 2$ を算出して、これを注目画素 X において欠落する G 成分値として推定するようになっている。

【 0 0 0 6 】

このように、エッジ検出に基づく従来技術は、注目画素の近傍における同一色成分の複数画素について、画素同士の空間的な相関を調べ、同一色の空間的な相関が高い近傍画素の組み合わせを選択して欠落する同一色成分を復元するものとなっている。

【 0 0 0 7 】

一方、色相関に基づく技術としては、例えば特開平 1 1 - 2 1 5 5 1 2 号公報に記載のものが挙げられる。この公報に記載の技術について、図 1 7 を参照して説明する。図 1 7 は、従来の色相関に基づくカラー化処理を説明するための図である。

【 0 0 0 8 】

図 1 7 (A) に示すように、まず、注目画素 X の付近で、撮像素子に構成され

た色フィルタの色成分（例えば、原色系の色フィルタである場合には r , g , b ）の内の何れか 2 種類の色成分 p , q の各成分値 V_p , V_q 同士の間、係数 α_{qp} , β_{qp} を用いて表現される次の数式 1、

【数 1】

$$V_q = \alpha_{qp} \times V_p + \beta_{qp}$$

のような直線的な相関関係が成立すると仮定する。

【0009】

そして、注目画素 X の周囲に設定した近傍 U において、該近傍 U 内の画素を、得られている色成分 r , g , b により分類して 3 つの部分集合 U_r , U_g , U_b を生成し、上記係数 α_{qp} , β_{qp} を、各部分集合における画素値の平均 A_c ($c = r, g, b$) と標準偏差 S_c ($c = r, g, b$) とに基づいて、次の数式 2 に示すように推定する。

【数 2】

$$\alpha_{qp} = S_q / S_p, \quad \beta_{qp} = A_q - \alpha_{qp} A_p$$

【0010】

これは、色成分 p の分布幅（標準偏差 S_p ）に対する色成分 q の分布幅（標準偏差 S_q ）の比が、上記数式 1 に示した直線的な相関関係の傾き α_{qp} を与え、さらに求められた傾き α_{qp} の直線は、色成分 p の平均値 A_p と色成分 q の平均値 A_q とでプロットされる点を通るという考えに基づくものである。

【0011】

このとき、図 17 (B) に示すように、注目画素 X の周囲における近傍 U をどのようにとるかによって係数の推定値が異なり、特に、近傍 U 内に色エッジが含まれている場合には推定精度が大きく低下してしまう。

【0012】

そこで、注目画素 X の周囲において複数通りの近傍 U_k を設定し、各近傍 U_k の推定値を U_k における標準偏差の最大値などで見積もった推定信頼度により重み付けして、注目画素 X に対する最終的な色相関関係の推定値 α^*_{qp} , β^*_{qp} を求め、推定した α^*_{qp} , β^*_{qp} に基づき、注目画素 X において欠落している色成分 m の値 X_m を、該注目画素 X において得られている色成分 e の値 X_e から、上記数

式 1 を用いて、次の数式 3 のように求めるようにしている。

【数 3】

$$X_m = \alpha * m_e \cdot X_e + \beta * m_e$$

ここに、m, e は、それぞれ r, g, b の何れかである。

【0 0 1 3】

このように、色相関に基づく従来技術は、注目画素の近傍における異なる色成分間の画素値の相関を推定し、推定した相関関係に基づき注目画素において得られている色成分から欠落している色成分を復元するものとなっている。

【0 0 1 4】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したようなエッジ検出に基づく従来技術では、図 1 6 (C) に示すような、注目画素 X の周囲における縦方向の差分値と横方向の差分値とが等しくなってエッジ方向を判断することができない場合に、欠落画素を適切に復元する手段について記載されていない。

【0 0 1 5】

また、上述したような色相関に基づく従来技術では、図 1 7 (C) に示すような、注目画素 X の周囲で近傍をどのように設定しても色エッジが含まれて色相関係の推定値を正しく得ることができない場合に、欠落画素を適切に復元する手段について記載されていない。

【0 0 1 6】

さらに、エッジ検出に基づく手段は明瞭なエッジが存在する領域で効果が大きく、色相関に基づく手段はテクスチャ領域で効果が大きいという特性を有しているが、エッジが存在する領域とテクスチャ領域との両方で大きな効果を得ることができる適応的な手段は、何れの従来技術にも示されていない。

【0 0 1 7】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像から各画素の欠落色成分値をより適切に推定してカラーデジタル画像を生成することができる画像処理装置および画像処理プログラムを提供することを目的としている。

【 0 0 1 8 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、第 1 の発明による画像処理装置は、単板撮像素、二板撮像素、または三板画素ずらし撮像素により得られた、各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像を入力し、各画素の欠落色成分値を推定してカラーデジタル画像を出力する画像処理装置であって、注目画素の近傍において同一種類の色成分を有する複数の画素の中から 2 以上の画素を組み合わせ組み合わせた 2 以上の画素の色成分値の平均値を該近傍内の複数通りの画素の組み合わせについて計算する組み合わせ平均計算手段と、上記注目画素の近傍における異なる種類の色成分間の相関関係である色相関関係を推定する色相関推定手段と、この色相関推定手段により推定された色相関関係に基づいて上記組み合わせ平均計算手段により計算された複数の組み合わせ平均値の内の何れかを上記注目画素の欠落色成分値として選択する組み合わせ選択手段と、を具備したものである。

【 0 0 1 9 】

また、第 2 の発明による画像処理装置は、上記第 1 の発明による画像処理装置において、上記組み合わせ平均計算手段が、さらに、上記 2 以上の画素の組み合わせ内における色成分値の変動量を計算するものであり、上記色相関推定手段は、さらに、推定された色相関関係の信頼度を計算するものであって、上記組み合わせ選択手段は、上記色相関推定手段により計算された信頼度が高い場合には、上記色相関関係の推定結果と注目画素において得られる色成分値とに基づき該注目画素における欠落色成分値候補を推定して該欠落色成分値候補に最も近い組み合わせ平均値を欠落色成分値として選択し、上記信頼度が低い場合には、上記組み合わせ平均計算手段により計算された色成分値の変動量が最も少ない組の組み合わせ平均値を欠落色成分値として選択するものである。

【 0 0 2 0 】

さらに、第 3 の発明による画像処理装置は、単板撮像素、二板撮像素、または三板画素ずらし撮像素により得られた、各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像を入力し、各画素の欠落色成分値を推定してカラーデジ

タル画像を出力する画像処理装置であって、注目画素の近傍において同一種類の色成分を有する複数の画素の中から 2 以上の画素を組み合わせ組み合わせた 2 以上の画素の色成分値の平均値を該近傍内の複数通りの画素の組み合わせについて計算して計算した平均値の何れかを選択して欠落色成分値を復元する第 1 の欠落色推定手段と、各画素の近傍における異なる種類の色成分間の相関関係である色相関関係を推定し推定された色相関関係と各画素で得られている色成分値とに基づき欠落色成分値を復元する第 2 の欠落色推定手段と、上記第 2 の欠落色推定手段により推定された色相関関係の信頼度を評価する評価手段と、上記評価手段により評価された信頼度に基づいて上記第 2 の欠落色復元手段により復元された欠落色成分値に対する重みを設定し設定した重みを用いて上記第 1 の欠落色復元手段により復元された欠落色成分値と該第 2 の欠落色復元手段により復元された欠落色成分値との重み付き平均値を計算して欠落色成分の復元値とする第 3 の欠落色復元手段と、を具備したものである。

【 0 0 2 1 】

第 4 の発明による画像処理装置は、上記第 3 の発明による画像処理装置において、上記評価手段が、注目画素の近傍がテクスチャ部であるか否かを判別するとともにエッジ部であるか否かを判別する領域判別手段を有してなり、この領域判別手段によりテクスチャ部であると判断された場合には信頼度の評価を高くする一方でエッジ部であると判断された場合には信頼度の評価を低くするものである。

【 0 0 2 2 】

第 5 の発明による画像処理プログラムは、単板撮像系、二板撮像系、または三板画素ずらし撮像系により得られた、各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像を入力し、各画素の欠落色成分値を推定してカラーデジタル画像を出力するための画像処理プログラムであって、コンピュータに、注目画素の近傍において同一種類の色成分を有する複数の画素の中から 2 以上の画素を組み合わせ組み合わせた 2 以上の画素の色成分値の平均値を該近傍内の複数通りの画素の組み合わせについて計算する組み合わせ平均計算手順と、上記注目画素の近傍における異なる種類の色成分間の相関関係である色相関関係を推定する色

相関推定手順と、この色相関推定手順より推定された色相関関係に基づいて上記組み合わせ平均計算手順により計算された複数の組み合わせ平均値の内の何れかを上記注目画素の欠落色成分値として選択する組み合わせ選択手順と、を実行させるための画像処理プログラムである。

【 0 0 2 3 】

第 6 の発明による画像処理プログラムは、上記第 5 の発明による画像処理プログラムにおいて、上記組み合わせ平均計算手順が、さらに、上記 2 以上の画素の組み合わせ内における色成分値の変動量を計算する手順を含み、上記色相関推定手順は、さらに、推定された色相関関係の信頼度を計算する手順を含むものであって、上記組み合わせ選択手順は、上記色相関推定手順により計算された信頼度が高い場合には、上記色相関関係の推定結果と注目画素において得られる色成分値とに基づき該注目画素における欠落色成分値候補を推定して該欠落色成分値候補に最も近い組み合わせ平均値を欠落色成分値として選択し、上記信頼度が低い場合には、上記組み合わせ平均計算手順により計算された色成分値の変動量が最も少ない組の組み合わせ平均値を欠落色成分値として選択する手順を含むものである。

【 0 0 2 4 】

第 7 の発明による画像処理プログラムは、単板撮像系、二板撮像系、または三板画素ずらし撮像系により得られた、各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像を入力し、各画素の欠落色成分値を推定してカラーデジタル画像を出力するための画像処理プログラムであって、コンピュータに、注目画素の近傍において同一種類の色成分を有する複数の画素の中から 2 以上の画素を組み合わせ組み合わせた 2 以上の画素の色成分値の平均値を該近傍内の複数通りの画素の組み合わせについて計算して計算した平均値の何れかを選択して欠落色成分値を復元する第 1 の欠落色推定手順と、各画素の近傍における異なる種類の色成分間の相関関係である色相関関係を推定し推定された色相関関係と各画素で得られている色成分値とに基づき欠落色成分値を復元する第 2 の欠落色推定手順と、上記第 2 の欠落色推定手順により推定された色相関関係の信頼度を評価する評価手順と、上記評価手順により評価された信頼度に基づいて上記第 2 の欠落色

復元手順により復元された欠落色成分値に対する重みを設定し設定した重みを用いて上記第 1 の欠落色復元手順により復元された欠落色成分値と該第 2 の欠落色復元手順により復元された欠落色成分値との重み付き平均値を計算して欠落色成分の復元値とする第 3 の欠落色復元手順と、を実行させるための画像処理プログラムである。

【 0 0 2 5 】

第 8 の発明による画像処理プログラムは、上記第 7 の発明による画像処理プログラムにおいて、上記評価手順が、注目画素の近傍がテクスチャ部であるか否かを判別するとともにエッジ部であるか否かを判別する領域判別手順を含み、この領域判別手順によりテクスチャ部であると判断された場合には信頼度の評価を高くする一方でエッジ部であると判断された場合には信頼度の評価を低くする手順である。

【 0 0 2 6 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

図 1 から図 8 は本発明の第 1 の実施形態を示したものであり、図 1 はデジタルカメラの構成を示すブロック図である。

【 0 0 2 7 】

この第 1 の実施形態は、本発明の画像処理装置をデジタルカメラに適用したものである。

【 0 0 2 8 】

デジタルカメラ 1 は、図 1 に示すように、被写体光束を集光する光学系 2 と、この光学系により結像される被写体像を光電変換して撮像信号を出力する 3 原色ベイヤー (Bayer) 配列の色フィルタを備えた単板式の CCD 3 と、この CCD 3 から出力され図示しない A/D 変換回路等によりデジタル化された画像データを一旦記憶する画像バッファ 4 と、画像内の注目画素の近傍における色相関係性を推定する色相関係推定手段たる色相関係計算回路 5 と、上記画像バッファ 4 に記憶されている画像データに対して上記色相関係計算回路 5 により推定された色相関係性に基づき G 成分が欠落している画素位置の G 成分を推定して G 成分画像を生成

するG復元回路6と、このG復元回路6により生成されたG成分画像と上記画像バッファ4に記憶されている画像データと上記色相関計算回路5により推定された色相関関係とに基づきR成分およびB成分の欠落を復元して3色カラー画像を生成するR/B復元回路10と、このR/B復元回路10により生成された3色カラー画像を一旦記憶しておくカラー画像バッファ11と、このカラー画像バッファ11に記憶されたカラー画像に対して色変換やエッジ強調などの画質調整処理を行う画質調整回路12と、この画質調整回路12により画質を調整された3色カラー画像のデータを記録する記録回路13と、上述したような各回路を含むこのデジタルカメラ1を統括的に制御する制御回路14と、を有して構成されている。

【0029】

上記G復元回路6は、上記画像バッファ4に記憶された画像データ中のG成分が得られていない画素（ここでの注目画素）位置において周囲のG画素を複数通りに組み合わせ平均値を生成する組み合わせ平均計算手段たる組み合わせ平均生成回路7と、上記色相関計算回路5の計算結果に基づいてこの組み合わせ平均生成回路7により生成された組み合わせ平均値の内のどの組の平均値を注目画素における欠落G成分値の推定値として用いるかを決定する組み合わせ選択手段たる組み合わせ選択回路8と、この組み合わせ選択回路8により決定された組み合わせに応じてG成分の欠落を復元した結果得られるG成分画像を記憶するGバッファ9と、を有して構成されている。

【0030】

このようなデジタルカメラ1の作用を、図2、図5、図7を参照しながら、図3、図4、図6に沿って説明する。図2は組み合わせ平均生成回路7および色相関計算回路5において用いる注目画素Xの近傍を示す図である。

【0031】

図示しないシャッターボタンがユーザーにより押下されると、まず、光学系2による光学像が単板ベイヤー（Bayer）配列でなる上記CCD3により撮像され、各画素当たり一種類の色成分しかない単板状態の画像が画像バッファ4に記憶される。

【 0 0 3 2 】

次に、組み合わせ平均生成回路 7 が、上記画像バッファ 4 に記憶されている単板状態の画像の各画素に対して処理を行うが、このときには、注目画素で得られている色成分の種類によって処理が異なっている。

【 0 0 3 3 】

すなわち、組み合わせ平均生成回路 7 は、注目画素で得られている色成分が G 成分である場合には、その画素値をそのまま G バッファ 9 の対応する画素位置に書き込む。

【 0 0 3 4 】

一方、注目画素が、R 成分が得られている R 画素または B 成分が得られている B 画素である場合は、組み合わせ平均生成回路 7 は、図 2 (A) に示すように、該注目画素を中心とした 3×3 画素でなる近傍領域 (3×3 近傍) を読み出して、中心に位置する注目画素 X の上下左右の画素位置で得られた G 成分値に対し、6 通りの組み合わせ平均値 $V_1 \sim V_6$ と、これらの内の V_1 , V_2 に対応する組についての組み合わせ差分 d_1 , d_2 (これらは変動量である。) と、を次に示すように計算する。

【 0 0 3 5 】

つまり、注目画素 X (図 2 (A) に示す例では R 画素となっている) の上に位置するのが G 1、左に位置するのが G 2、右に位置するのが G 3、下に位置するのが G 4 とし、上下の平均値を V_1 、左右の平均値を V_2 、上と左の平均値を V_3 、右と下の平均値を V_4 、上と右の平均値を V_5 、左と下の平均値を V_6 、上下の差分値を d_1 、左右の差分値を d_2 とすると、次の数式 4 および数式 5 に示すように、

【数 4】

$$V_1 = (G_1 + G_4) / 2$$

$$V_2 = (G_2 + G_3) / 2$$

$$V_3 = (G_1 + G_2) / 2$$

$$V_4 = (G_3 + G_4) / 2$$

$$V_5 = (G_1 + G_3) / 2$$

$$V 6 = (G 2 + G 4) / 2$$

【数 5】

$$d 1 = | G 1 - G 4 |$$

$$d 2 = | G 2 - G 3 |$$

として算出し、これらを組み合わせ選択回路 8 に出力する。

【0 0 3 6】

組み合わせ平均生成回路 7 がこのような動作を行う一方で、色相関計算回路 5 は、図 2 (B) に示すような、注目画素 X を中心とした 2 5 画素でなるダイヤモンド状の近傍 U をとり、上記特開平 1 1 - 2 1 5 5 1 2 号公報に開示されていると同様の手段により、注目画素の G 成分を推定するのに必要な色相関関係を算出するようになっている。図 3 は、色相関計算回路 5 により行われる色相関推定処理を示すフローチャートである。

【0 0 3 7】

注目画素 X において得られている色成分を c ($c = r, g, b$ の何れか) とすると、図 2 (B) に示したような近傍 U の中でこの種類 c の色成分 (つまり、注目画素 X と同じ色成分) が得られている画素を特定し、これらの画素の画素値を抽出して画素値の集合 U_c を生成する。さらに、近傍 U の中で G 成分値が得られている画素を特定して、これらの画素の画素値を抽出して画素値の集合 U_g を生成する (ステップ S 1)。

【0 0 3 8】

生成した画素値の集合 U_c , U_g に対して、それぞれ、平均 A_c , A_g と標準偏差 S_c , S_g とを計算する (ステップ S 2)。

【0 0 3 9】

次に、上記数式 2 に基づいて、 α と β とを、

【数 6】

$$\alpha = S_g / S_c, \quad \beta = A_g - \alpha A_c$$

のように、近傍 U 内における色成分 c と G 成分との色相関関係のパラメータとして計算する (ステップ S 3)。

【0 0 4 0】

続いて、このステップ S 3 で計算した色相関パラメータの信頼度を評価する。
まず、図 2 (B) に示すような近傍 U において、網掛け部で示した 5 つの R 画素 R 1 ~ R 5 に対し計算した色相関パラメータ α , β から、これらの R 画素 R 1 ~ R 5 において欠落している G 成分値 G_i を、

【数 7】

$$G_i = \alpha R_i + \beta \quad (i = 1, \dots, 5)$$

として計算する。

【0 0 4 1】

そして、各 R_i の上下左右の G 画素と G_i との差分を 4 通り計算して、これら 4 つの内の最小値となる差分 E_i を求める。

【0 0 4 2】

最後に、色相関関係の目安となる信頼度 E を、差分 E_i の平均値の逆数として、次の数式 7 に示すように計算する。

【数 8】

$$E = 1 / \text{A v g} (E_i)$$

ここに、 i は 1 ~ 5 をとり、A v g は平均をとることを表している。算出された信頼度 E が大きい程、色相関関係に基づく G 成分値の推定結果と推定を行った画素の周囲の G 画素値との整合性が高く、色相関関係に基づく推定が成功したと想定することができる (ステップ S 4) 。

【0 0 4 3】

注目画素 X における欠落 G 成分推定値 X_g を、該注目画素 X で得られている色成分 c の値 V_c に基づいて、次の数式 9 により計算する (ステップ S 5) 。

【数 9】

$$X_g = \alpha V_c + \beta$$

【0 0 4 4】

こうして色相関推定処理が終了すると、その後、この色相関推定処理により得られた欠落 G 成分推定値 X_g と推定の信頼度 E とが、組み合わせ選択回路 8 に出力される。

【0 0 4 5】

ここまでの処理が終了した時点で、組み合わせ選択回路 8 は、注目画素 X の周囲の G 画素についての組み合わせ平均値 $V_1 \sim V_6$ および組み合わせ差分 d_1 , d_2 と、色相関関係に基づく欠落 G 成分推定値 X_g およびその信頼度 E と、の情報を取得していることになる。

【 0 0 4 6 】

組み合わせ選択回路 8 は、これらの情報に基づいて、図 4 や図 5 に示すように、注目画素 X の欠落色成分値を復元するようになっている。図 4 は、組み合わせ選択回路 8 により行われる組み合わせ選択処理を示すフローチャート、図 5 は組み合わせ選択回路 8 の処理においてエッジと復元される画素値との例を説明するための図である。

【 0 0 4 7 】

まず、組み合わせ差分 d_1 , d_2 から、注目画素 X の近傍に水平のエッジまたは垂直のエッジが存在するか否かを示す指標 B を、次の数式 1 0 により、

【数 1 0】

$$B = |d_1 - d_2| / (d_1 + d_2)$$

として求める（ステップ S 1 1）。注目画素 X 上に水平または垂直の明確なエッジがある例えば図 5（A）に示すような場合には、一般に、エッジに沿った方向（図示の例では G 1, G 4 の組み合わせでなる縦方向）の画素値の変化は小さく、エッジに垂直な方向（図示の例では G 2, G 3 の組み合わせでなる横方向）の画素値の変化は大きい。その結果、組み合わせ差分 d_1 , d_2 の内、エッジに沿った方向にとった近傍 G 画素の組み合わせに対する差分は小さく、エッジに垂直な方向にとった近傍 G 画素の組み合わせに対する差分は大きくなる。ここで求めた指標 B は、この性質に基づいて注目画素 X の近傍に水平または垂直のエッジがあるか否かを判断するためのものであり、指標 B が 1 に近い値になる程、明確な水平または垂直のエッジがある可能性が高いことを示している。

【 0 0 4 8 】

次に、指標 B が予め定められた閾値 T_b よりも大きく、かつ、信頼度 E が予め定められた閾値 T_e よりも小さくなる条件が成立しているか否かを判断する（ステップ S 1 2）。

【0049】

ここで、条件が成立していない場合には、水平または垂直の明確なエッジがないか、または明確なエッジの有無に関わらず色相関の信頼度が高いことになる。そこで、欠落G成分推定値 X_g と組み合わせ平均値 $V_1 \sim V_6$ との6通りの差分 e_j を、次の数式11に示すように算出する。

【数11】

$$e_j = |X_g - V_j|$$

ここに、 j は1～6の何れかをとる。そして、この差分 e_j の最小値を与える j に対する組み合わせ平均値 V_j を、最終的な欠落G成分復元値とする（ステップS13）。その結果、欠落G成分推定値 X_g に最も近い組み合わせ平均値 V_j が欠落G成分復元値となる。

【0050】

また、上記ステップS12において、条件が成立している場合には、水平または垂直の明確なエッジがあつて、色相関の信頼度があまり高くないことになる。このときには、差分 d_1 、 d_2 の内の小さい方に対応する組み合わせ平均値 V_j （ j は1、2の何れか）を、最終的な欠落G成分復元値とする（ステップS14）。

【0051】

こうして、ステップS13またはステップS14において、最終的な欠落G成分復元値が求められたところで、この組み合わせ選択処理は終了する。

【0052】

一般に、注目画素Xの近傍内に水平または垂直のエッジがあつて指標Bが大きな値をとる場合には、エッジに沿った方向にとった近傍G画素の平均値の方が、エッジに垂直な方向にとった近傍G画素の平均値よりも、注目画素Xの真の欠落G成分値に近い確率が高い。

【0053】

図5（A）に示すような場合は、差分 $d_1 = |G_1 - G_4|$ は小さくなり、差分 $d_2 = |G_2 - G_3|$ は大きくなるために、差分 d_1 に対応する組み合わせ平均値 $V_1 = (G_1 + G_4) / 2$ の方が、組み合わせ平均値 $V_2 = (G_2 + G_3)$

／2よりも、注目画素Xの真の欠落G成分値と近い値になる。

【0054】

これに対して、注目画素Xの近傍が、水平または垂直のエッジ部ではなく、斜めのエッジ部であったりあるいはテクスチャ領域であったりする場合には、組み合わせ差分d1と組み合わせ差分d2との差が小さくなり、その結果、指標Bは小さな値となる。

【0055】

このような場合には、近傍内の色相関係の推定結果の信頼度Eが高ければ、この色相関係に基づく欠落G成分推定値 X_g が、注目画素Xの真の欠落G成分値に近い確率が高い。ただし、信頼度Eはあくまで推定結果の信頼度の目安に過ぎないために、推定結果の信頼性が本当は低いのに関わらず、信頼度Eが大きくなってしまう場合もある。この場合には、推定精度の低い色相関係に基づいた欠落G成分推定値 X_g を復元値として用いると、図5（B）に示すように、周囲の画素とは大きく異なるG成分値が復元されてしまってドット状の破綻が生じることがある。そこで、最終的な復元値を、近傍G画素の組み合わせ平均値から選択するようにすれば、信頼度Eが真の信頼性を表す指標としてある程度間違っていたとしても、復元結果が周囲の画素と大きく異なることがなくなり、ドット状の破綻が起き難くなる。

【0056】

上述したような処理は、これらの考え方に基づいて、注目画素がエッジ部にあったりあるいはテクスチャ部にあったり、最終的に、最適な欠落復元値が得られるように設計されたものである。

【0057】

組み合わせ選択回路8は、注目画素Xに対するこれらの処理が終了して欠落G成分復元値が得られると、Gバッファ9における対応する画素位置に復元結果を書き込む。

【0058】

画像バッファ4内における全ての位置の画素について、組み合わせ平均生成回路7、色相関計算回路5、組み合わせ選択回路8による上述したような一連の処

理がなされると、Gバッファ9内には、G成分値の欠落が全画素について補正されたG成分画像が得られる。

【0059】

こうして、全画素についてG成分値が与えられているG成分画像が得られた後に、R/B復元回路10が作動する。図6はこのR/B復元回路10におけるR/B復元処理を示すフローチャートである。

【0060】

このR/B復元処理が開始されると、まず、画像バッファ4に記憶されている画像の各画素Xに対して、所定サイズの近傍を読み出すとともに、上記Gバッファ9の対応する画素の近傍からG成分値を読み出す（ステップS21）。このときに読み出す近傍サイズは、注目画素Xにおいて得られている色成分の種類によって異なり、R成分またはB成分が得られている画素に対しては3×3近傍を読み出し、G成分が得られている画素に対しては4×4近傍を読み出すようになっている。

【0061】

これらの各場合に読み出されたデータを整理すると、図7に示すようになる。図7はR/B復元回路10の処理において行われる注目画素の近傍のとり方の一例を示す図である。

【0062】

図7（A）は、注目画素XにおいてCCD3による撮像時に得られている色成分がB（図示の例ではB5）である場合を示しており、R/B復元回路10で処理される時点では、上記G復元回路6により生成された色成分G5も取得されている。なお、注目画素XにおいてCCD3による撮像時に得られている色成分がRである場合には、この図7（A）において、BとRとを交換したパターンとなる。また、図7（B）は、注目画素XにおいてCCD3による撮像時に得られている色成分がG（図示の例ではG6）である場合を示しており、上述したように、図7（A）に示した場合よりも一回り大きい4×4画素近傍を用いている。これは、G成分が得られている画素に対して3×3近傍をとると、R成分またはB成分が得られている画素が各2画素ずつしか含まれないことになってしまうため

である。

【 0 0 6 3 】

次に、注目画素Xにおいて欠落している色成分をcとし、読み出した近傍内における色成分cとG成分との色相関関係を推定する。上記G復元回路6における処理により、G成分は近傍内の全画素について得られているために、図7（A）、図7（B）に示したように、注目画素Xの近傍内で色成分cが得られている画素位置では、G成分と色成分cとの2種類の色成分が得られていることになる。そこで、これらの画素位置で、データYとしてG成分値、データZとして色成分cの画素値をとり、 $Z = \alpha_c Y + \beta_c$ と近似した場合のパラメータ α_c 、 β_c を公知の最小二乗法により算出する。また、注目画素Xで得られている色成分がG成分である場合には、RおよびBの2種類の色成分が欠落することになるために、色成分cとしてR、Bの二通りについて上記推定を行い、 α_r 、 β_r および α_b 、 β_b を算出する（ステップS22）。

【 0 0 6 4 】

こうして算出した近似パラメータ α_c 、 β_c と注目画素XのG成分値 V_g とを用いて $(\alpha_c V_g + \beta_c)$ の演算を行うことにより、注目画素Xにおいて欠落する色成分cの画素値を推定する。このとき、該注目画素Xで得られている色成分がG成分である場合には、cとしてR、Bの二通りについての演算を行うことになる（ステップS23）。

【 0 0 6 5 】

このような処理を画像バッファ4内の画像の各画素に対して行ったところで、このR/B復元処理が完了し、全ての画素について、元々得られていた値と復元した値とを合わせて3色成分が得られることになる。こうして得られた3色カラー画像は、カラー画像バッファ11に記憶される。

【 0 0 6 6 】

カラー画像バッファ11に記憶されたカラー画像は、画質調整回路12により色変換、階調変換、およびエッジ強調処理などが行われ、その後に、記録回路13により圧縮されて、記録媒体等に記録される。

【 0 0 6 7 】

なお、本実施形態は、上述に限るものではなく、種々の変形が可能である。

【 0 0 6 8 】

例えば、上述では組み合わせ平均値の選択対象をG成分に限定して、G成分を全て復元した後に、色相関に基づいてR、B成分を求めているが、R、B成分に関しても同様の手段により注目画素の近傍の組み合わせ平均値から選択して欠落色復元を行うようにしても構わない。

【 0 0 6 9 】

また、注目画素の近傍から2画素を組み合わせるようにしているが、これも2画素に限定されるものではなく、3画素以上を組み合わせ、平均値や差分値を算出するようにしても構わない。

【 0 0 7 0 】

さらに、上述では、画像処理装置であるデジタルカメラ1の内部のハードウェアにより処理を行うようにしているが、このような処理を、PC（パーソナルコンピュータ）等のコンピュータ上で画像処理プログラムにより行うようにすることも容易に可能である。図8はコンピュータにより行われるソフト処理を示すフローチャートである。

【 0 0 7 1 】

画像処理プログラムにより行われるこのソフト処理においては、単板状態の画像InImgを入力して、3色カラー画像OutImgを生成し出力するようになっていて、これらに対するメモリ領域は予め確保されているものとする。このとき、InImgのメモリ領域は図1に示したハードウェア的な画像バッファ4に、OutImgのメモリ領域は図1に示したハードウェア的なカラー画像バッファ11に、それぞれ対応している。

【 0 0 7 2 】

処理が開始されると、まず、G成分値復元用のバッファGImgとして用いるためのメモリ領域（図1に示したハードウェア的なGバッファ9に対応する。）を確保する。そして、画像InImg 中においてG成分が得られている画素に対し、画素値をそのままGImg の対応する画素位置にコピーする（ステップS31）。

【 0 0 7 3 】

次に、画像InImgにおけるR成分またはB成分が得られている画素の内の、未処理の画素の1つを、注目画素Xとして選択する（ステップS32）。

【0074】

この注目画素Xに関する3×3画素範囲の近傍に含まれるG成分が得られている画素に対して、上記図2（A）に示したように、組み合わせ平均値V1～V6と、V1，V2に対応する組の組み合わせ差分d1，d2と、をそれぞれ計算する（ステップS33）。

【0075】

そして、注目画素Xの周囲において、上記図2（B）に示したような近傍Uを設定し、上記図3に示したような色相関推定処理を行うことにより、色相関推定に基づく欠落G成分推定値Xgと推定の信頼度Eとを計算する（ステップS34）。

【0076】

続いて、上記図4に示したような組み合わせ選択処理を行うことにより、注目画素における欠落G成分復元値を計算し、算出結果をGImgの対応する画素位置に書き込む（ステップS35）。

【0077】

画像InImg中の未処理の画素で、R成分またはB成分が得られているものがまだ存在するか否かを調べて（ステップS36）、存在する場合には上記ステップS32に戻って上述したような処理を繰り返して行う。

【0078】

一方、未処理のものが存在しない場合には、GImgとInImgとに基づいて、上記図6に示したようなR/B復元処理を行うことにより、各画素においてG成分以外の欠落する色成分を復元し、復元結果をOutImgの対応する画素位置に書き込んでから（ステップS37）、終了する。

【0079】

なお、上述では、3原色ベイヤー（Bayer）配列の色フィルタを備えた単板撮像系を例に挙げたが、補色系のベイヤー配列やあるいはその他の色フィルタ配列の単板撮像系であっても構わないし、さらには、二板撮像系、または三板画素ず

らし撮像系により得られた、各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像を入力し、各画素の欠落色成分値を推定してカラーデジタル画像を出力する場合にも、上述したような構成を同様に適用可能であることはいうまでもない。

【0080】

色相関推定結果の信頼度が低い場合に、推定結果に基づいて欠落色成分推定を行うとドット状の画質劣化が生じる可能性があるが、このような第 1 の実施形態によれば、組み合わせ平均生成回路 7 により近傍画素値の組み合わせ平均値を複数通り生成して、組み合わせ選択回路 8 が色相関推定結果に基づいてこれらの中から一つを選択して欠落色成分値とするようにしているために、欠落色成分値の周囲画素との整合性が高くなり、破綻が生じ難くなる。

【0081】

また、色相関推定結果の信頼度が高い場合に、推定された色相関に基づいて組み合わせ平均値を選択しているために、単純線形補間などと比較して欠落色の復元を高精度に行うことができる。

【0082】

さらに、色相関推定結果の信頼度を評価して、信頼度が高い場合に、色相関関係に基づいて計算した欠落色成分値候補に値の近い組み合わせ平均値を選択するようにしているために、テクスチャ領域などで精度良く欠落色成分を推定することが可能となる。

【0083】

また、色相関推定結果の信頼度が低い場合は、組み合わせ平均生成回路 7 において計算された組内の変動量が最小となる組に対する組み合わせ平均値が、組み合わせ選択回路 8 により欠落色成分値として選択されるために、色相関推定結果の信頼度が低くなるエッジ部においても、精度良く欠落色成分を推定することが可能となる。

【0084】

図 9 から図 15 は本発明の第 2 の実施形態を示したものであり、図 9 はデジタルカメラの構成を示すブロック図である。この第 2 の実施形態において、上述の

第 1 の実施形態と同様である部分については同一の符号を付すなどして説明を省略し、主として異なる点についてのみ説明する。

【 0 0 8 5 】

この第 2 の実施形態も、上述した第 1 の実施形態と同様に、本発明の画像処理装置をデジタルカメラに適用したものである。

【 0 0 8 6 】

この第 2 の実施形態のデジタルカメラ 2 1 は、上述した第 1 の実施形態におけるデジタルカメラ 1 に比して、評価手段であり領域判別手段たる領域判別回路 2 4 が付与されており、G 復元回路 2 6 における第 1 の欠落色推定手段たる組み合わせ平均生成回路 2 7、第 2 の欠落色推定手段たる色相関計算回路 2 5、および G 復元回路 2 6 における第 3 の欠落色推定手段たる組み合わせ選択回路 2 8 の作用が異なるものとなっている。

【 0 0 8 7 】

図示しないシャッターボタンがユーザにより押下されてからのデジタルカメラ 2 1 全体の作用は、単板状態の画像が得られて画像バッファ 4 に記憶されるところまでは、上述した第 1 の実施形態と同様である。

【 0 0 8 8 】

次に、組み合わせ平均生成回路 2 7 が画像バッファ 4 に記憶されている単板状態の画像の各画素に対して処理を行うが、注目画素において得られている色成分が G 成分である場合の処理は、上述した第 1 の実施形態と同様である。

【 0 0 8 9 】

一方、注目画素において R 成分または B 成分が得られている場合には、上述した第 1 の実施形態とはやや異り、組み合わせ平均生成回路 2 7 が、注目画素の 3 × 3 近傍を読み出して、中心画素となる注目画素 X の上下左右の画素位置で得られた G 成分値に対し、図 1 0 に示すように、6 通りの組み合わせ平均値 V 1 ～ V 6 と、これらの各組み合わせに対する組内の差分 d 1 ～ d 6 と、を計算し、これらを組み合わせ選択回路 2 8 に出力する。

【 0 0 9 0 】

組み合わせ平均生成回路 2 7 によるこのような処理と並行して行われる処理も

、上述した第 1 の実施形態とは少し異なっている。

【 0 0 9 1 】

まず、領域判別回路 2 4 が、図 1 2 に示すようなフローチャートに沿って、注目画素の近傍がエッジ部であるか否かあるいはテクスチャ部であるか否かのタイプを判断するとともに、そのタイプに応じて、近傍領域で色相関関係を推定した場合に予想される推定結果の信頼度 E を計算するようになっている。

【 0 0 9 2 】

以下では、図 1 2 のフローチャートにおける各ステップを、必要に応じて図 1 1 等を参照しながら説明する。図 1 1 は領域判別回路 2 4 により用いられる近傍の様子を示す図、図 1 2 は領域判別回路 2 4 により行われる領域判別処理を示すフローチャートである。

【 0 0 9 3 】

注目画素 X の周囲に、図 1 1 (A) に示すような該注目画素 X を中心とした 7×7 近傍をとり、さらにこの 7×7 近傍の内部に、図 1 1 (A) 中に太枠で示したような 4×4 の小近傍をとる (ステップ S 4 1)。この小近傍のとり方は、該 4×4 内のどの画素位置を注目画素 X とするかに応じて全部で 1 6 通りある。そこで、小近傍の左上隅の画素が、 7×7 近傍において取り得る 1 6 通りの位置に図 1 1 (B) に示すような 1 ~ 1 6 の番号を付し、この番号により小近傍を $U 1 \sim U 1 6$ などと区別することにする。すなわち、図 1 1 (B) の例では、小近傍の左上隅の画素が 7 番の位置にあるために、小近傍 $U 7$ となっている。

【 0 0 9 4 】

これらの各小近傍 $U k$ (k は 1 ~ 1 6) に対して、その内部で得られている G 成分値の標準偏差 σk を計算し、さらに、この標準偏差 σk の最小値 $m i n$ と最大値 $m a x$ とを計算する (ステップ S 4 2)。

【 0 0 9 5 】

そして、これら最小値 $m i n$ および最大値 $m a x$ に基づいて、続くステップ S 4 3 とステップ S 4 4 に示すように、近傍領域のタイプを分類するようになっている。なお、ステップ S 4 3, S 4 4 における $T 1 \sim T 3$ は、予め定められた閾値である。

【 0 0 9 6 】

上記ステップ S 4 2 において求められた最小値 min および最大値 max に対して、まず、 $min < T 1$ かつ $max - min < T 2$ が成立するか否かを判断する（ステップ S 4 3）。

【 0 0 9 7 】

ここで条件が成立する場合には、近傍領域は平坦部であると判断して、信頼度 E に 0 を設定し（ステップ S 4 5）、終了する。

【 0 0 9 8 】

また、上記ステップ S 4 3 において条件が成立しない場合には、さらに、 $min < T 1$ かつ $max - min > T 3$ が成立するか否かを判断する（ステップ S 4 4）。

【 0 0 9 9 】

ここで条件が成立する場合には、近傍領域はエッジ部であると判断して、信頼度 E に 0 を設定し（ステップ S 4 6）、終了する。

【 0 1 0 0 】

一方、上記ステップ S 4 4 において条件が成立しない場合には、近傍領域はテクスチャ部であると判断する。この場合は、まず、各小近傍 U_k を、 $\sigma_k - min < T 4$ の条件を満たすか否かにより分類する。ここで、 $T 4$ は予め定められた閾値であり、この条件が満足される場合には、小近傍 U_k は比較的平坦であるとみなすことができる。そして、この条件を満足する U_k の和集合 U' を生成する。図 1 1 (C) におけるハッチング部分は、このようにして生成された和集合 U' の様子の一例を示している。さらに、この和集合 U' の標準偏差の上限を与える ($min + T 4$) を用いて、信頼度 E を、次の数式 1 2 に示すように、

【数 1 2】

$$E = 1 / (min + T 4)$$

として算出し（ステップ S 4 7）、終了する。

【 0 1 0 1 】

このような領域判別処理を行った後に、領域判別回路 2 4 は、組み合わせ選択回路 2 8 に信頼度 E を出力し、信頼度 E が 0 でない場合は、該領域判別回路 2 4

が、さらに、ステップ S 4 7 で生成された和集合 U' に含まれる画素の座標を色相関計算回路 2 5 に出力する。また、信頼度 E が 0 である場合には、領域判別回路 2 4 は、色相関計算回路 2 5 への座標出力を行わず、注目画素 X における色相関関係の推定はなされない。

【 0 1 0 2 】

色相関計算回路 2 5 は、領域判別回路 2 4 から座標の入力があった場合に、上述した第 1 の実施形態と同様にして、注目画素 X の G 成分の復元に必要な色相関関係を推定する。ただし、上述した第 1 の実施形態とは異なり、近傍の形状は、上記図 2 (B) に示したような形には固定されておらず、色相関関係の信頼度の評価も行わない。

【 0 1 0 3 】

図 1 3 は、色相関計算回路 2 5 により行われる色相関推定処理を示すフローチャートである。

【 0 1 0 4 】

この色相関推定処理が開始されると、画素集合 U_c , U_g を近傍画素集合 U' から抽出する (ステップ S 5 1) 。このときに用いる近傍は、上述したように、図 2 (B) で指定されたような近傍 U ではなく、領域判別回路 2 4 によって指定された座標で構成された近傍 U' となっている点が、図 3 に示したステップ S 1 と異なっている点であり、その他は該ステップ S 1 と同様である。

【 0 1 0 5 】

その後の、ステップ S 5 2, S 5 3, S 5 4 は、上述した第 1 の実施形態の図 3 におけるステップ S 2, S 3, S 5 とそれぞれ同様であり、ステップ S 5 4 の処理を終えたところで、色相関推定処理が終了する。

【 0 1 0 6 】

この色相関推定処理が終了すると、色相関計算回路 2 5 は、欠落 G 成分推定値 X_g のみを、組み合わせ選択回路 2 8 に出力する。

【 0 1 0 7 】

組み合わせ選択回路 2 8 には、上述した第 1 の実施形態とは異なり、信頼度 E が色相関計算回路 2 5 からではなく領域判別回路 2 4 から入力される。組み合わせ

平均生成回路 2 7 および色相関計算回路 2 5 からデータが各入力された後の注目画素 X に対する作用は、図 1 4 に示すようになっている。

【 0 1 0 8 】

図 1 4 は、組み合わせ選択回路 2 8 により行われる組み合わせ選択処理を示すフローチャートである。

【 0 1 0 9 】

まず、組み合わせ差分 d_j が $d_1 \sim d_6$ の最小値を与えるような j (j は 1 ～ 6 の何れか) を $\min j$ とし、組み合わせ平均値 $V_{\min j}$ を第 1 の欠落 G 成分復元値 X_1 とする (ステップ S 6 1)。

【 0 1 1 0 】

次に、信頼度 E が 0 であるか否かを判断して (ステップ S 6 2)、信頼度 E が 0 である場合には、 X_1 を最終的な欠落 G 成分復元値とする (ステップ S 6 3)。

【 0 1 1 1 】

また、上記ステップ S 6 2 において信頼度 E が 0 でない場合には、その信頼度 E に応じて、 X_1 と欠落 G 成分推定値 X_g とを次の数式 1 3 に示すように重み付けし、

【数 1 3】

$$X_2 = (X_1 + E X_g) / (1 + E)$$

この X_2 を最終的な欠落 G 成分復元値とする (ステップ S 6 4)。

【 0 1 1 2 】

組み合わせ選択回路 2 8 は、注目画素 X に対してこの処理が終了して最終的な欠落 G 成分復元値が得られると、G バッファ 9 の対応するアドレスに復元結果を書き込む。

【 0 1 1 3 】

その後の他の回路による作用は、上述した第 1 の実施形態と同様である。

【 0 1 1 4 】

なお、本実施形態においても種々の変形が可能である。

【 0 1 1 5 】

例えば、領域判別回路 2 4 におけるテクスチャ部であるか否かの判定は、公知のテクスチャ解析手段を用いるようにしても構わない。

【 0 1 1 6 】

また、上述では、画像処理装置であるデジタルカメラ 2 1 の内部のハードウェアにより処理を行うようにしているが、このような処理を、P C (パーソナルコンピュータ) 等のコンピュータ上で画像処理プログラムにより行うようにすることも容易に可能である。図 1 5 はコンピュータにより行われるソフト処理を示すフローチャートである。

【 0 1 1 7 】

画像処理プログラムにより行われるこのソフト処理においても、上述した第 1 の実施形態のソフト処理と同様に、単板状態の画像 InImg を入力して、3 色カラー画像 OutImg を生成し出力するようになっている。

【 0 1 1 8 】

このフローチャートにおけるステップ S 7 1, S 7 2, S 7 8, および S 7 9 の処理は、上述した第 1 の実施形態における図 8 のステップ S 3 1, S 3 2, S 3 6, および S 3 7 とそれぞれ同様であるので、以下では異なるステップについてのみ説明する。

【 0 1 1 9 】

ステップ S 7 2 が終了すると、次に、注目画素 X に関する 3×3 画素範囲の近傍に含まれる G 成分が得られている画素に対して、図 1 0 に示すように、組み合わせ平均値 $V_1 \sim V_6$ と、組み合わせ差分 $d_1 \sim d_6$ と、をそれぞれを計算する (ステップ S 7 3)。

【 0 1 2 0 】

そして、上記図 1 2 に示したような領域判別処理を行うことにより、近傍のタイプを判別して、この近傍内で色相関係関係を推定した場合に予想される信頼度 E と、近傍内における比較的平坦度の高い部分領域 U' と、を算出する (ステップ S 7 4)。

【 0 1 2 1 】

その後、信頼度 E が 0 であるか否かを判断し (ステップ S 7 5)、信頼度 E が

0でない場合には、注目画素周囲でステップS74により設定された近傍領域U'に対して、上記図13に示したような色相関推定処理を行うことにより、色相関推定に基づく欠落G成分推定値 X_g を計算する（ステップS76）。

【0122】

また、上記ステップS75において信頼度Eが0である場合、または上記ステップS76が終了した場合には、上記図14に示したような組み合わせ選択処理を行うことにより、注目画素における欠落G成分復元値を計算して、GImgの対応する画素位置に書き込み（ステップS77）、その後は上記ステップS78へ行く。

【0123】

このような第2の実施形態によれば、上述した第1の実施形態とほぼ同様の効果を奏するとともに、領域判別回路24が色相関関係の信頼度を評価して、その評価結果に応じて組み合わせ平均生成回路27により得られる組み合わせ平均値と色相関計算回路25により得られる色相関に基づく欠落色成分推定値とを組み合わせ選択回路28が重み付けするようにしたために、色相関関係の信頼度が高い場合であってもあるいは低い場合であっても、破綻を生じることなく欠落色成分を高精度に推定することが可能となる。

【0124】

また、評価手段の評価基準に、領域判別回路24による近傍がテクスチャであるか否かという判断を用いているために、色相関に基づく欠落色復元の精度が高いテクスチャ領域で色相関に基づく欠落色復元値の重みが大きくなり、逆に色相関に基づく欠落色復元の精度が低いエッジ部では色相関に基づく欠落色復元値の重みが小さくなる。これにより、どのようなタイプの近傍領域に対しても、精度良く欠落色成分を推定することが可能となる。

【0125】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の画像処理装置および画像処理プログラムによれば、各画素につき1種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像から各画素の欠落色成分値をより適切に推定してカラーデジタル画像を生成することができる

。【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態におけるデジタルカメラの構成を示すブロック図。

【図 2】

上記第 1 の実施形態において、組み合わせ平均生成回路および色相関計算回路において用いる注目画素 X の近傍を示す図。

【図 3】

上記第 1 の実施形態の色相関計算回路により行われる色相関推定処理を示すフローチャート。

【図 4】

上記第 1 の実施形態の組み合わせ選択回路により行われる組み合わせ選択処理を示すフローチャート。

【図 5】

上記第 1 の実施形態の組み合わせ選択回路の処理においてエッジと復元される画素値との例を説明するための図。

【図 6】

上記第 1 の実施形態の R / B 復元回路における R / B 復元処理を示すフローチャート。

【図 7】

上記第 1 の実施形態の R / B 復元回路の処理において行われる注目画素の近傍のとり方の一例を示す図。

【図 8】

上記第 1 の実施形態において、コンピュータにより行われるソフト処理を示すフローチャート。

【図 9】

本発明の第 2 の実施形態におけるデジタルカメラの構成を示すブロック図。

【図 1 0】

上記第 2 の実施形態の組み合わせ平均生成回路における処理を説明するための

図。

【図 1 1】

上記第 2 の実施形態の領域判別回路により用いられる近傍の様子を示す図。

【図 1 2】

上記第 2 の実施形態の領域判別回路により行われる領域判別処理を示すフローチャート。

【図 1 3】

上記第 2 の実施形態の色相関計算回路により行われる色相関推定処理を示すフローチャート。

【図 1 4】

上記第 2 の実施形態の組み合わせ選択回路により行われる組み合わせ選択処理を示すフローチャート。

【図 1 5】

上記第 2 の実施形態において、コンピュータにより行われるソフト処理を示すフローチャート。

【図 1 6】

従来のエッジ検出に基づくカラー化処理を説明するための図。

【図 1 7】

従来の色相関に基づくカラー化処理を説明するための図。

【符号の説明】

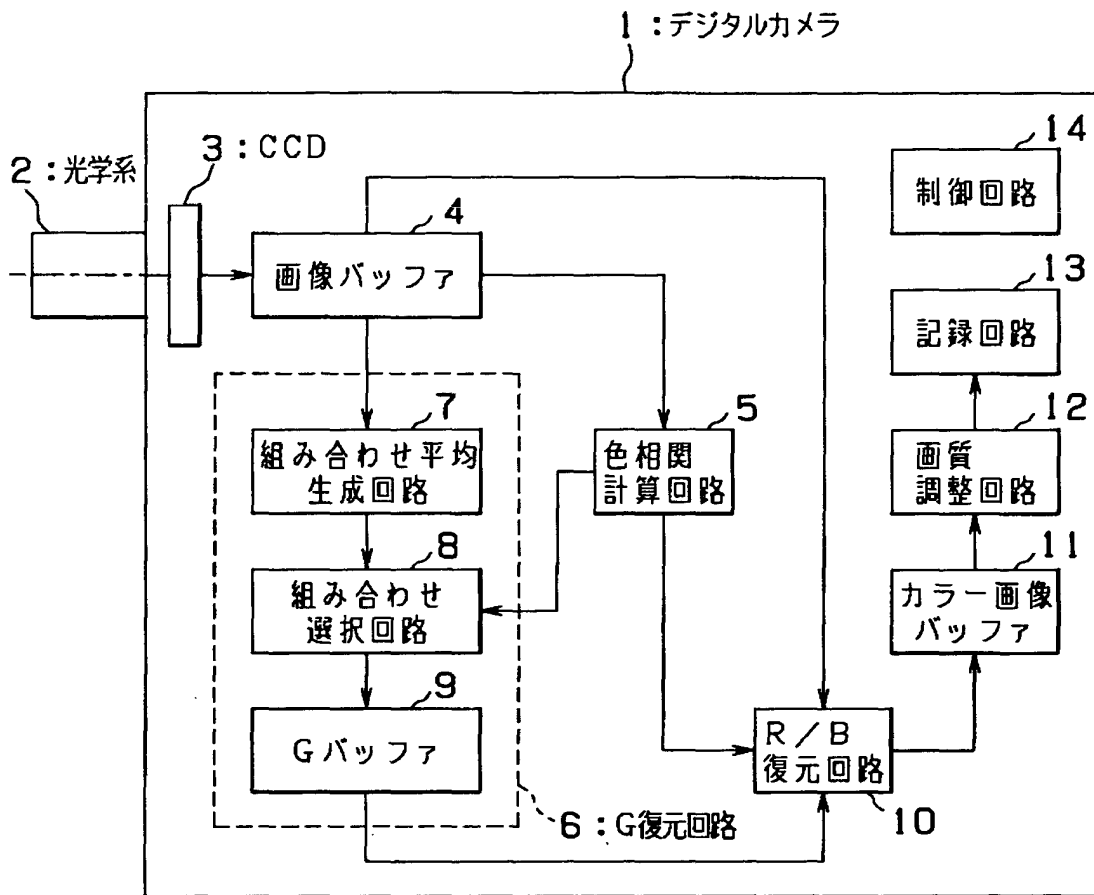
- 1 … デジタルカメラ（画像処理装置）
- 2 … 光学系
- 3 … CCD（3 原色ベイヤー配列の色フィルタを備えた CCD）
- 4 … 画像バッファ
- 5 … 色相関計算回路（色相関推定手段）
- 6 … G 復元回路
- 7 … 組み合わせ平均生成回路（組み合わせ平均計算手段）
- 8 … 組み合わせ選択回路（組み合わせ選択手段）
- 9 … G バッファ

- 1 0 … R / B 復元回路
- 1 1 … カラー画像バッファ
- 1 2 … 画質調整回路
- 1 3 … 記録回路
- 1 4 … 制御回路
- 2 1 … デジタルカメラ（画像処理装置）
- 2 4 … 領域判別回路（評価手段、領域判別手段）
- 2 5 … 色相関計算回路（第 2 の欠落色推定手段）
- 2 6 … G 復元回路
- 2 7 … 組み合わせ平均生成回路（第 1 の欠落色推定手段）
- 2 8 … 組み合わせ選択回路（第 3 の欠落色推定手段）

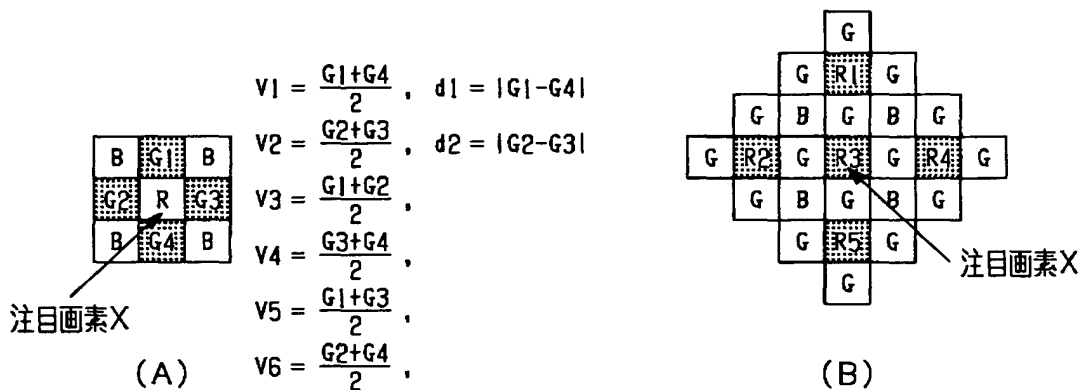
代理人 弁理士 伊 藤 進

【書類名】 図面

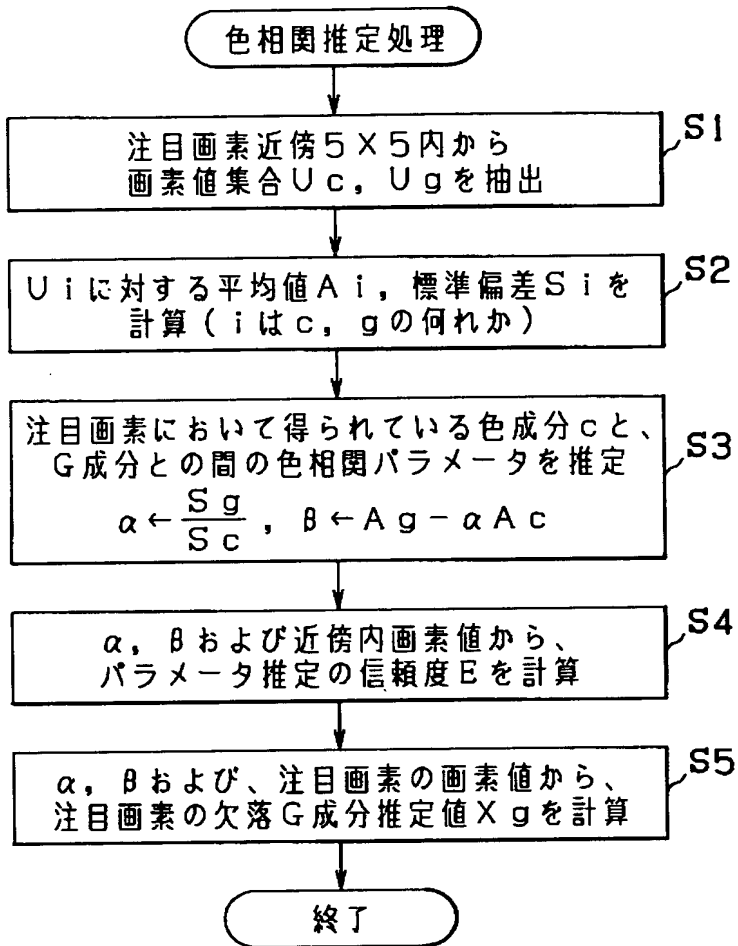
【図 1】



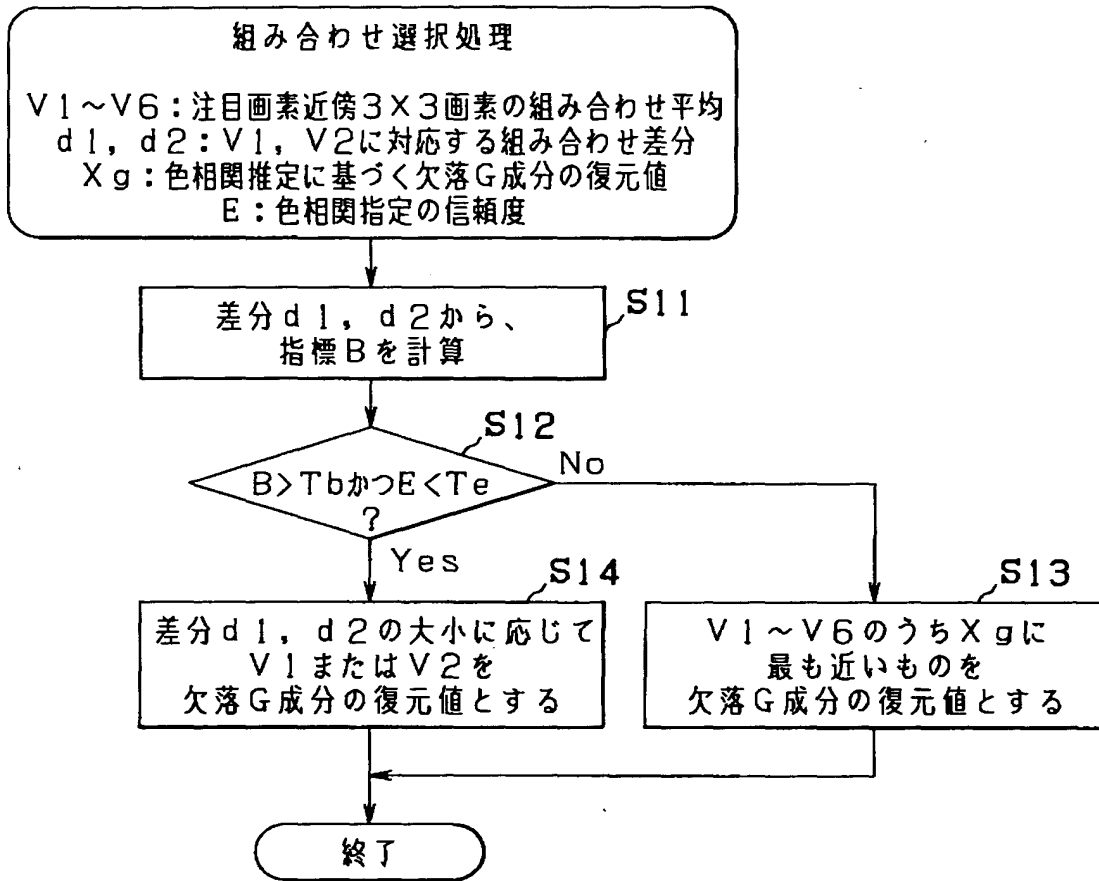
【図 2】



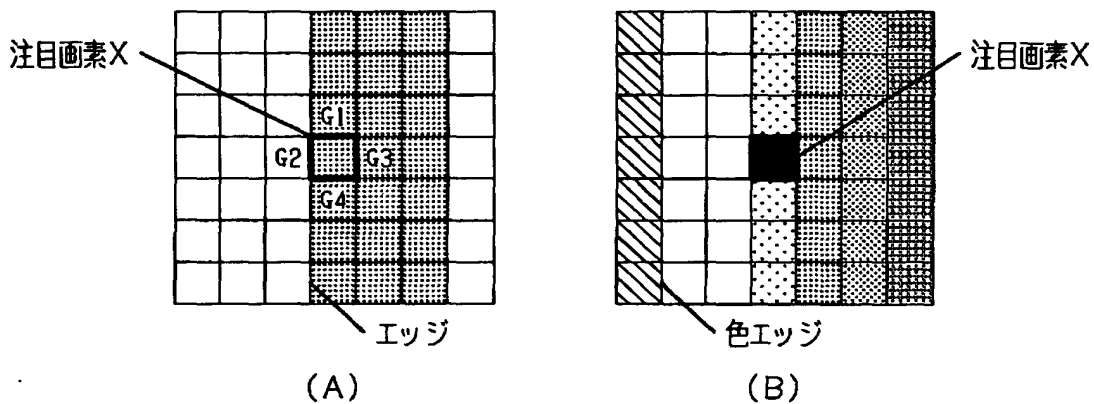
【図 3】



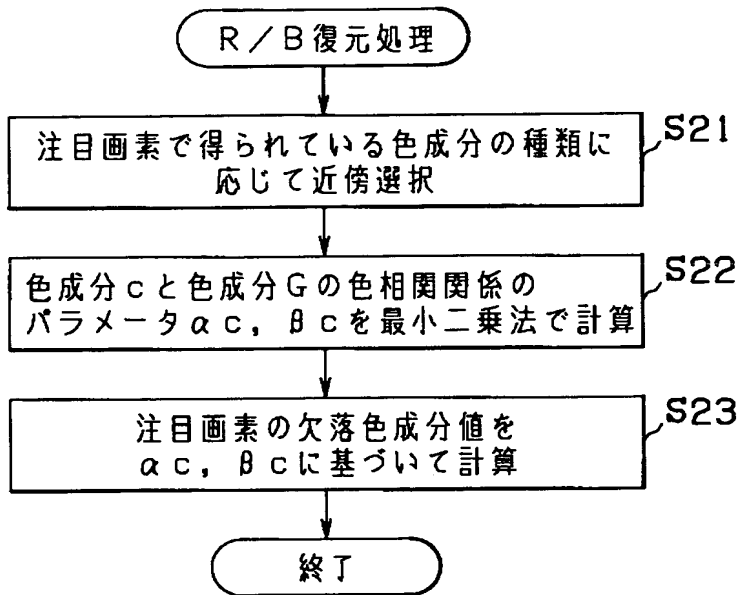
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

| | | |
|-------|-------|-------|
| R1/G1 | G2 | R3/G3 |
| G4 | B5/G5 | G6 |
| R7/G7 | G8 | R9/G9 |

R-G: Y: G1 G3 G7 G9
Z: R1 R3 R7 R9

(A)

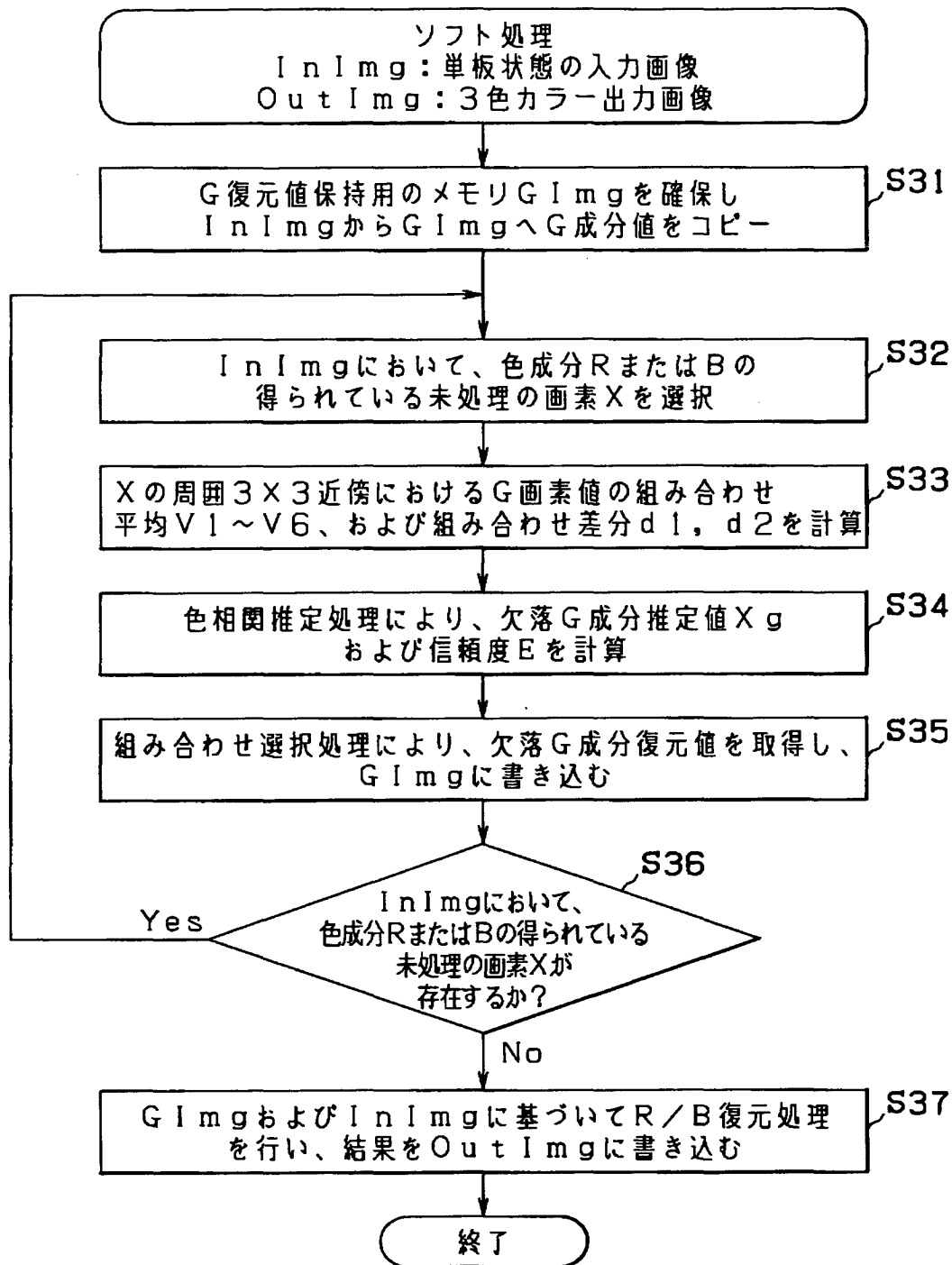
| | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| G1 | R2/G2 | G3 | R4/G4 |
| B5/G5 | G6 | B6/G7 | G8 |
| G9 | R10/G10 | G11 | R12/G12 |
| B13/G13 | G14 | B15/G15 | G16 |

R-G: Y: G2 G4 G10 G12
Z: R2 R4 R10 R12

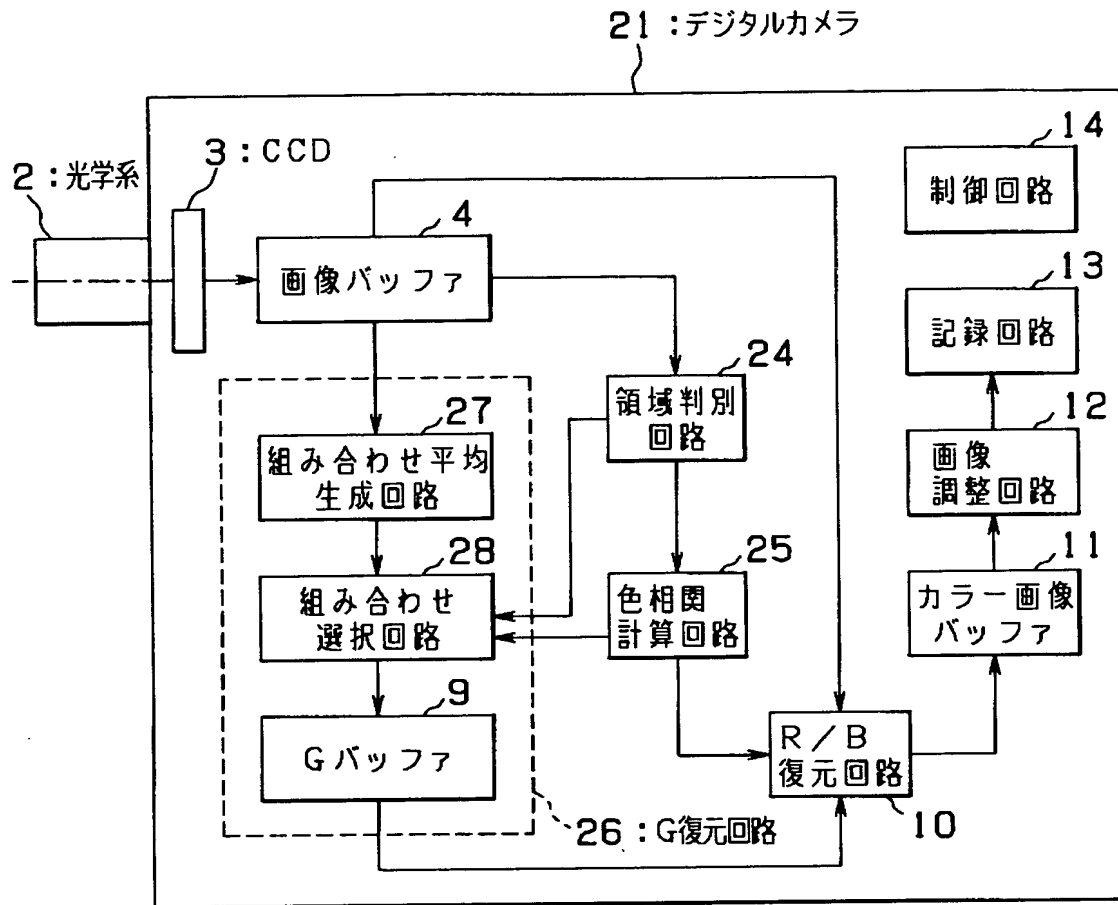
B-G: Y: G5 G7 G13 G15
Z: B5 B7 B13 B15

(B)

【図 8】



【図 9】



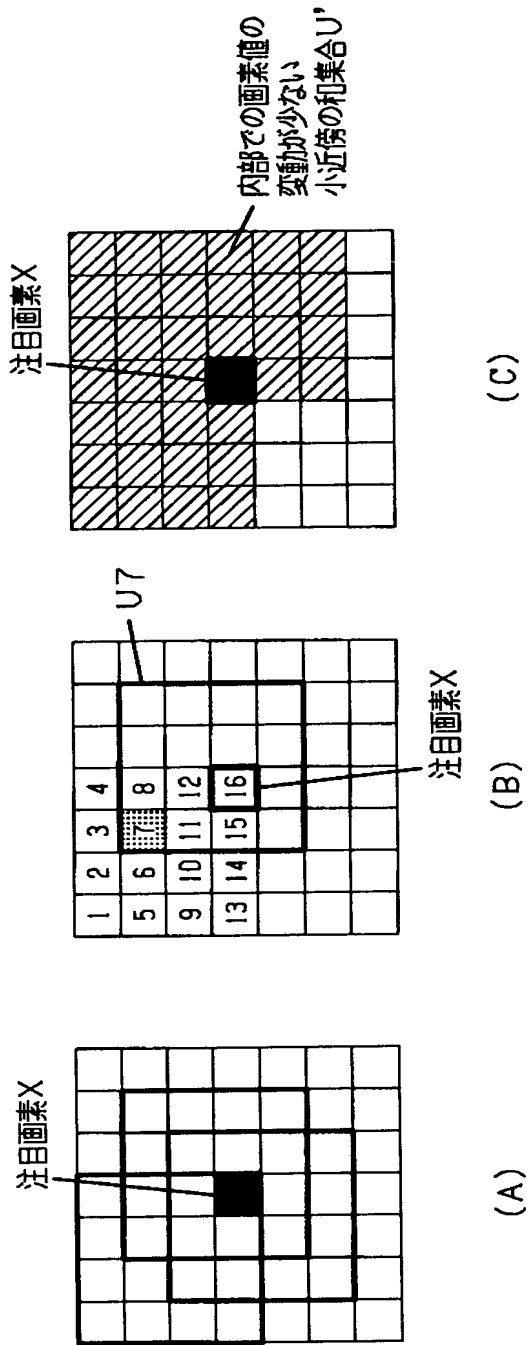
【図 10】

| | | |
|----|----|----|
| B | G | B |
| G2 | R | G3 |
| B | G4 | B |

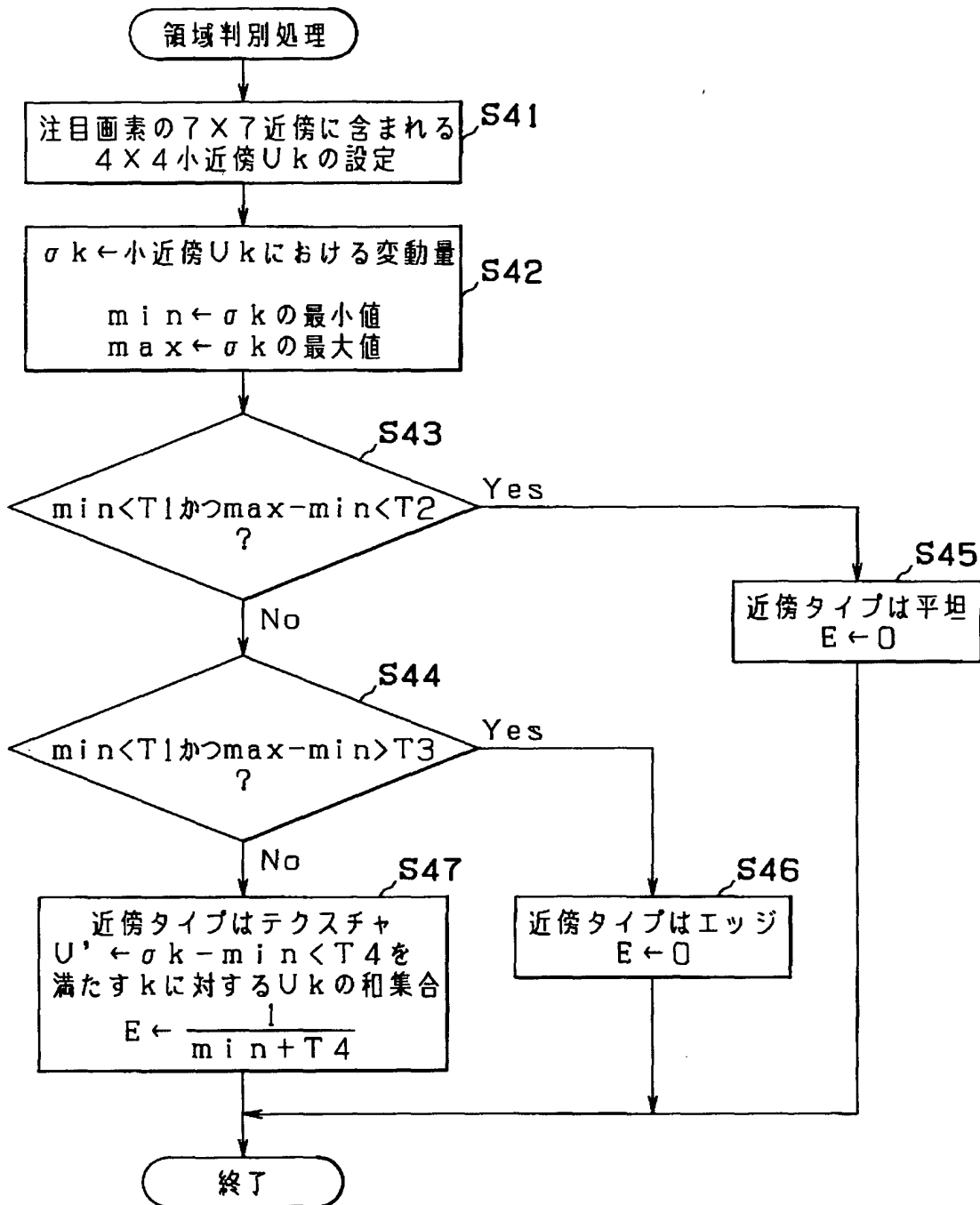
注目画素X

$$\begin{aligned}
 V1 &= \frac{G1+G4}{2}, & d1 &= |G1-G4| \\
 V2 &= \frac{G2+G3}{2}, & d2 &= |G2-G3| \\
 V3 &= \frac{G1+G2}{2}, & d3 &= |G1-G2| \\
 V4 &= \frac{G3+G4}{2}, & d4 &= |G3-G4| \\
 V5 &= \frac{G1+G3}{2}, & d5 &= |G1-G3| \\
 V6 &= \frac{G2+G4}{2}, & d6 &= |G2-G4|
 \end{aligned}$$

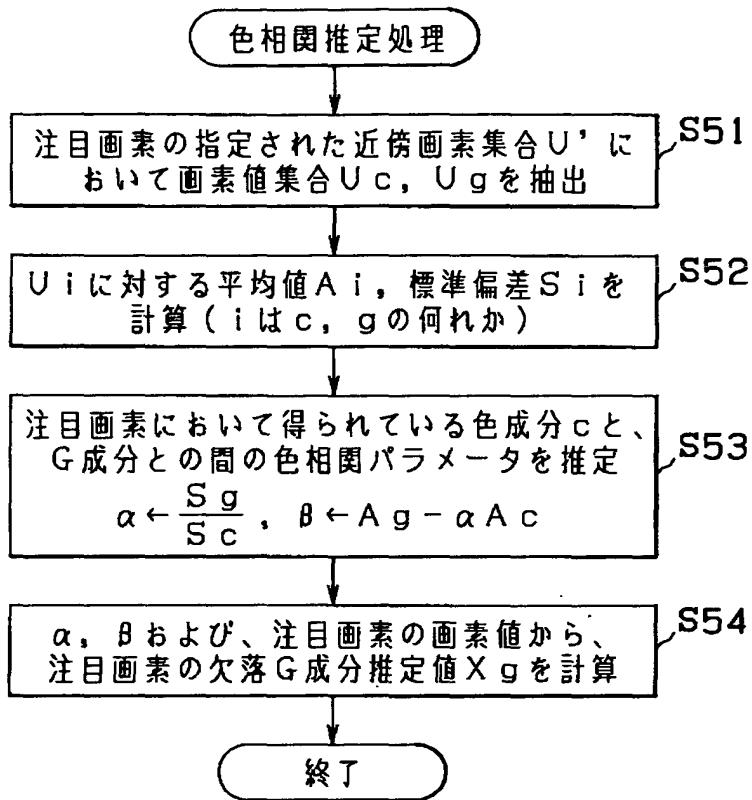
【図 1 1】



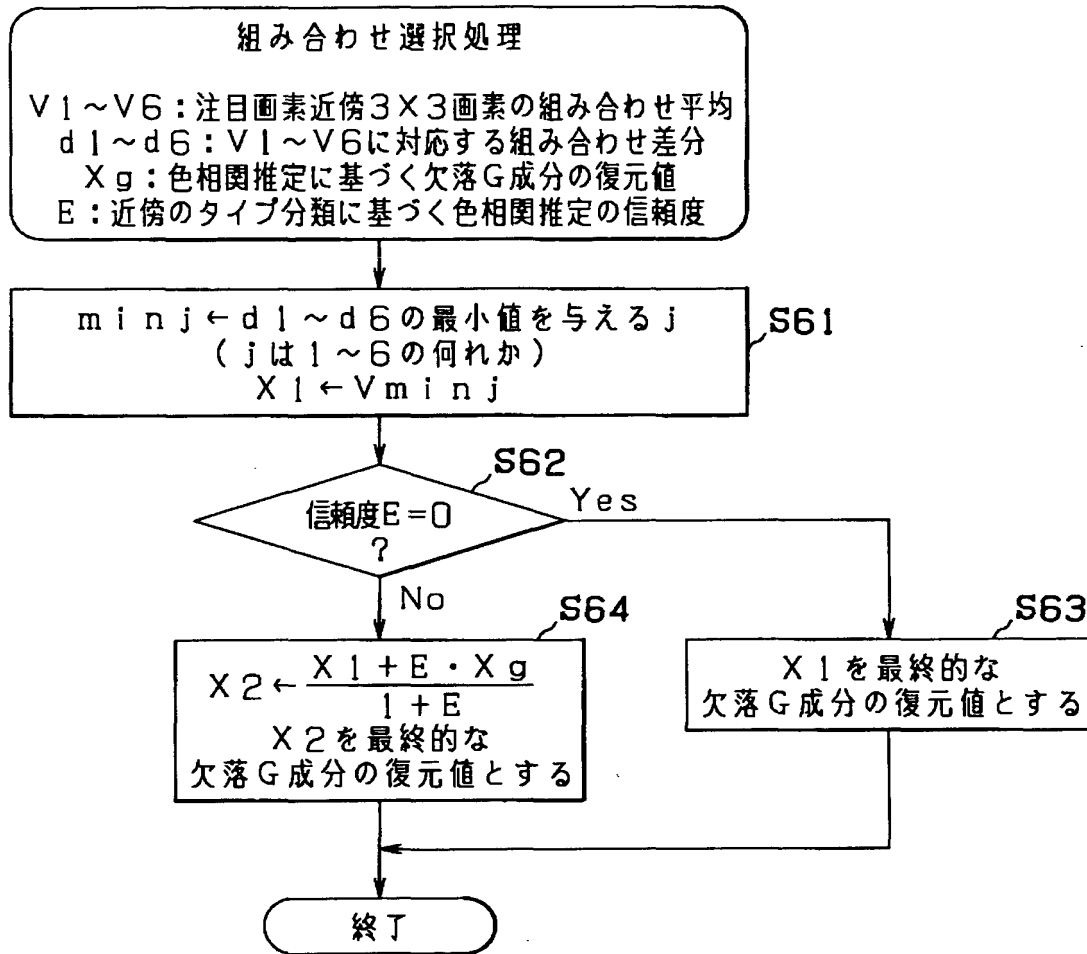
【図12】



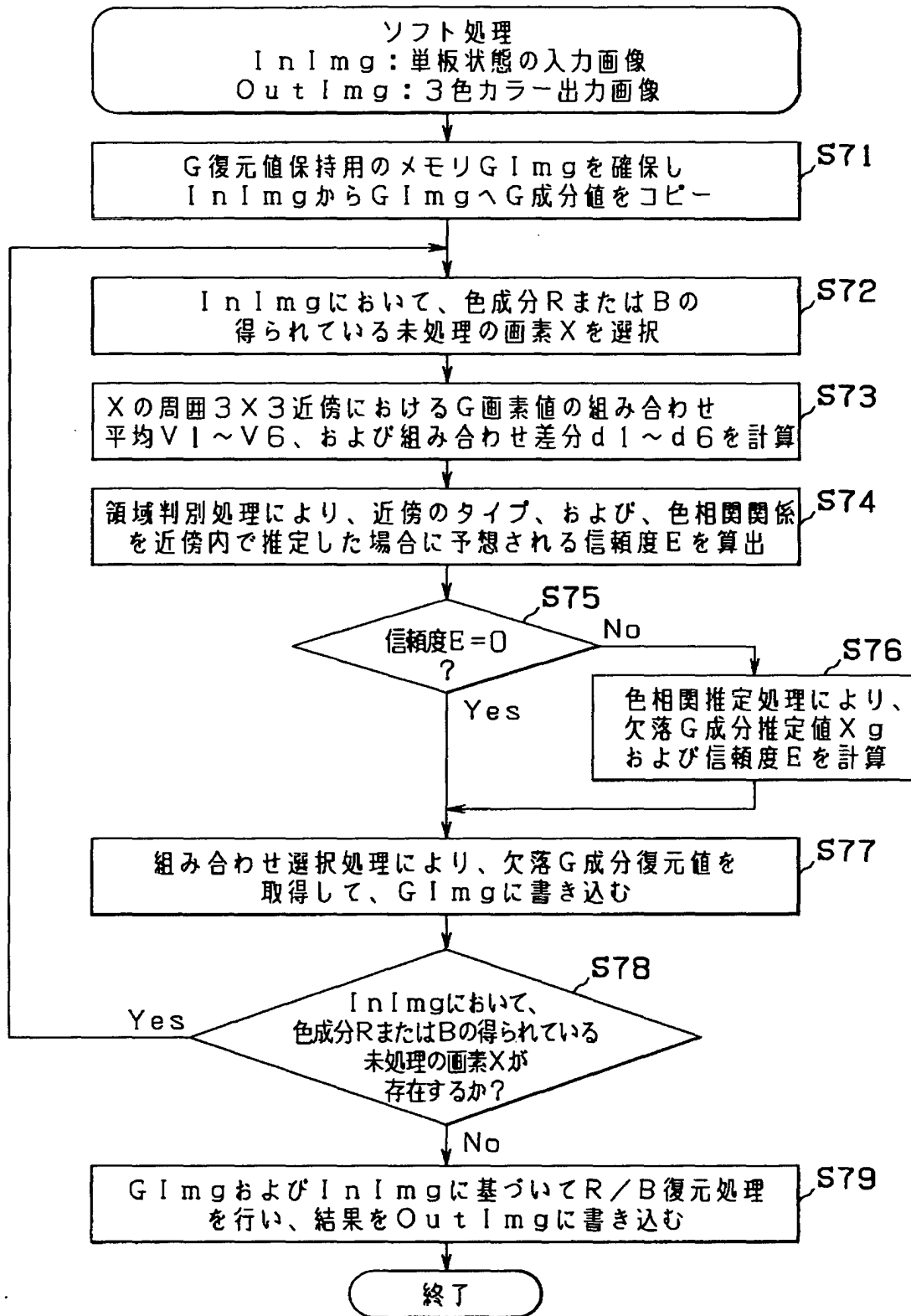
【図 13】



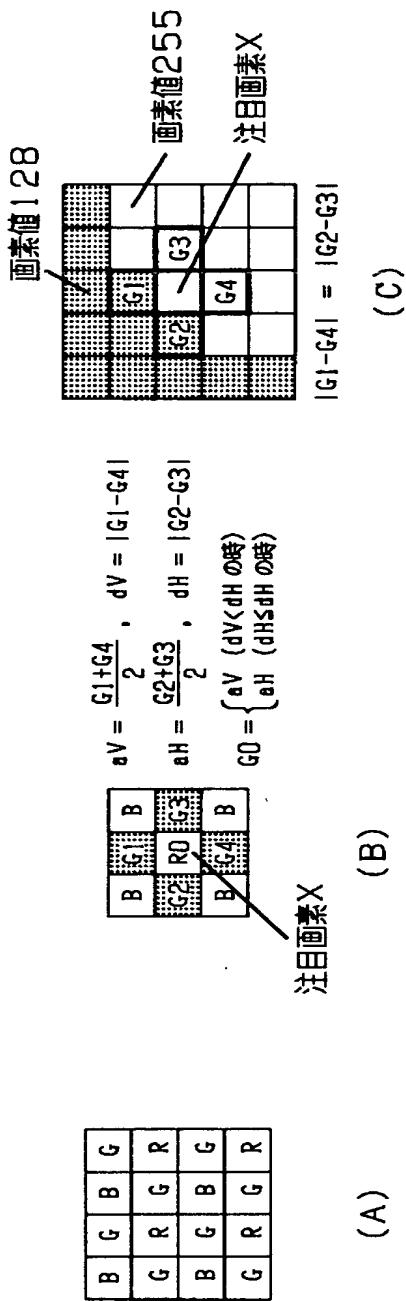
【図14】



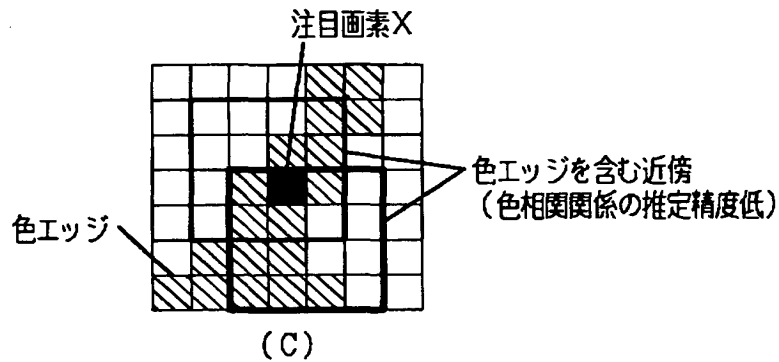
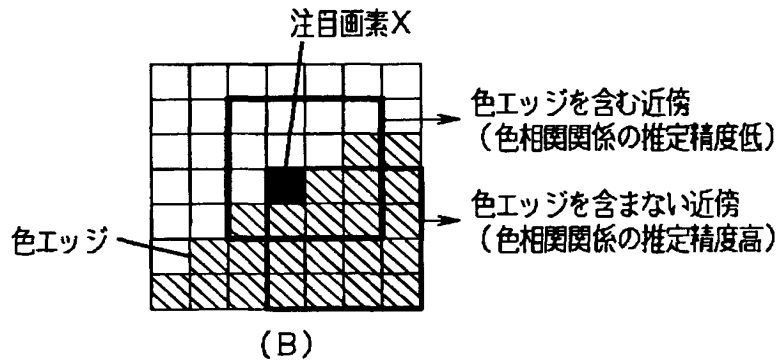
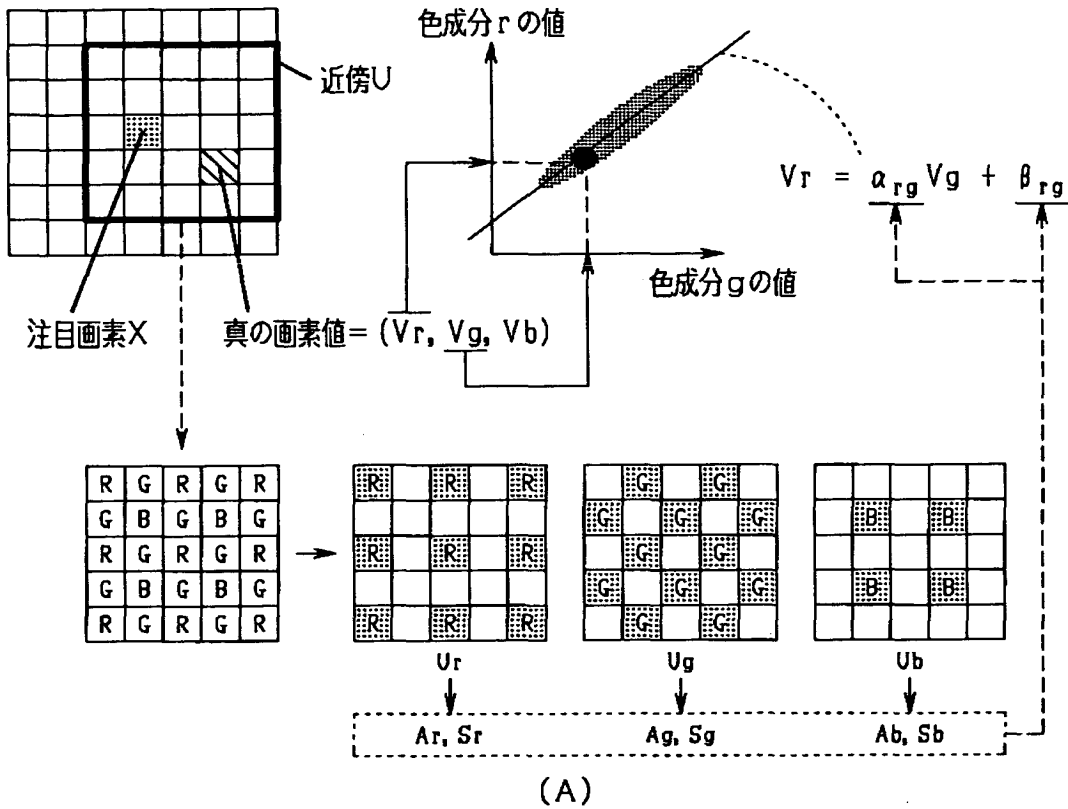
【図15】



【 図 1 6 】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 各画素につき 1 種類以上の色成分値が欠落しているデジタル画像から、欠落色成分値をテクスチャ部であるかエッジ部であるかによらず適切に推定する画像処理装置等を提供する。

【解決手段】 3 原色ベイヤー配列の CCD 3 により取得した各画素につき 2 種類の色成分値が欠落しているデジタル画像を画像バッファ 4 に記憶し、R または B 成分の注目画素の近傍で G 成分を有する複数の画素の中から 2 つの画素を複数通りに組み合わせて各組み合わせの G 成分平均値を組み合わせ平均生成回路 7 により計算し、上記注目画素の近傍における R または B 成分と G 成分との色相関係性を色相関係計算回路 5 により推定し、推定された色相関係性に基づいて上記複数の組み合わせ平均値の内の何れかを注目画素の欠落色成分値として組み合わせ選択回路 8 により選択する画像処理装置としてのカメラ 1。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 0 3 7 6]

| | |
|----------|--------------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 2 0 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 |
| 氏 名 | オリンパス光学工業株式会社 |